Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No.3, 2024, p. 317-330

The Effect of Different Ratio of Methionine-Zinc and Zinc Oxide on Performance Indicators and Diarrhea in Suckling Holstein Calves

Morteza Rezapour[1], Yadollah Chashnidel[2*], Asadollah Teimouri Yansari[3], Essa Dirandeh[4]

1- Ph.D. Student, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, University of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
2- Associated Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, University of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
3- Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, University of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
4- Associated Professor, Department of Animal Science, Faculty of Animal Sciences and Fisheries, University of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
*Corresponding Author's Email: ychashnidel2002@yahoo.com

Received: 01-09-2023 Revised: 12-11-2023 Accepted: 15-11-2023 Available Online: 15-11-2023	**How to cite this article:** Rezapour, M., Chashnidel, Y., Teimouri Yansari, A., & Dirandeh, E. (2024). The effect of different ratio of methionine-zinc and zinc oxide on performance indicators and diarrhea in suckling Holstein calves. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *16*(3), 317-330. (in Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.83930.1168

Introduction: Diarrhea is the main cause of calf mortality in the first two weeks after birth. Even when calves recover from diarrhea, they may subsequently show impaired growth. Considering this fact and especially following the ban of antibiotics in many countries, it is very important to identify effective anti-diarrheal supplements for use in suckling calves. Zinc is an effective anti-inflammatory and anti-diarrheal substance that improves the function of the immune system, reduces the number of pathogenic bacteria and increases the relative abundance of beneficial microbes in the digestive system. It is thought that the mechanisms of anti-diarrheal effect of zinc element are due to regulation of intestinal fluid transfer and mucosal integrity, strengthening of immunity and modulation of oxidative stress. The purpose of this experiment is to investigate the use of different proportions of organic (methionine-zinc) and inorganic (zinc oxide) sources of zinc to prevent diarrhea, improve the condition of the immune system and performance indicators of suckling calves.

Materials and Methods: A total of 50 suckling Holstein calves were used over 70 days in a completely randomized design with 5 treatments and 10 replications. The experimental treatments were different proportions of organic and inorganic zinc supplements, including 1) zinc supplementation, 100% Methionine-zinc 2) combination of 75% methionine-zinc and 25% zinc oxide, 3) combination of 50% methionine-zinc and 50% zinc oxide, 4) combination of 25% methionine-zinc and 75% zinc oxide, and 5) 100% zinc oxide. All treatments received 1.96 mg of zinc supplementation per kilogram of body weight. Zinc supplements mixed with milk were fed to the calves from day one to day 14, and performance monitoring continued for 70 days. The stool score was evaluated on a scale of 1 to 4. Diarrhea was defined as the presence of grade 3 or 4 stools for 2 consecutive days. Data were analyzed in a completely randomized design using the GLM procedure of SAS. For variables

http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.83930.1168

measured over time (average daily gain, dry matter intake, and feed conversion ratio), time was added to the model as a repeated factor.

Results and Discussion: The results showed that experimental treatments did not significantly effect the average daily gain, dry matter intake, and feed conversion ratio of the calves fed with Different ratios of mineral (zinc oxide) and organic (methionine-zinc) sources of zinc. In addition, the average of fecal consistency score did not differ significantly among the treatments. The results blood analysis demonstrated that treatment 100% methionine-zinc had higher level of concentration alkaline phosphatase. However, among the treatments contained methionine-zinc, a decrease in the ratio of methionine-zinc resulted in a decrease in Alkaline phosphatase concentration. Higher ratios of zinc oxide caused a significant decrease in the concentration of superoxide dismutase in the blood on the 14th and 70th day of the experiment. Also, on the 70th day of the test, the antioxidant capacity of whole blood was significantly higher in treatments containing methionine-zinc than in treatment %100 zinc oxide. The results showed that other blood parameters were not significantly influenced by the treatments in this study. In general, production performance did not change in different ratios of organic and mineral sources, the lack of effect of replacing zinc oxide with methionine-zinc on the performance of the present calves may be due to the provision of sufficient levels of zinc for all calves. So that the zinc supplement, taking into account its purity percentage, reached the same amount (1.96 mg of zinc supplement per kilogram of body weight) in all treatments.

Conclusion: In the present study, overall production performance and blood parameter concentrations did not change with different ratios of organic and mineral sources. However, the activity of antioxidant enzymes was higher with higher ratios of the organic supplement (methionine-zinc) compared to the mineral source (zinc oxide). The lack of positive effect of replacing zinc oxide with methionine-zinc on the performance of the present calves may be due to the provision of sufficient levels of zinc for all calves. And it can be said that when a mineral is supplied at a sufficient level, the chemical form and bioavailability of resources are less important on performance.

Keywords: Diarrhea, Immune system, Newborn calf, Zinc methionine, Zinc oxide

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، ص. ۳۳۰-۳۱۷

تأثیر نسبت‌های مختلف متیونین- روی و اکسید روی بر شاخص‌های عملکردی و اسهال گوساله های شیرخوار هلشتاین

مرتضی رضاپور[۱]، یداله چاشنی‌دل[۲]*، اسداله تیموری یانسری[۳]، عیسی دیرنده[۴]

تاریخ دریافت:۱۴۰۲/۰۶/۰۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴

چکیده

اسهال، یکی از عوامل اصلی مرگ و میر گوساله‌ها در دو هفته اول پس از تولد است، بنابراین شناسایی ترکیبات مؤثر بر پیشگیری از اسهال برای گوساله‌های شیرخوار، بسیار مهم است. به‌منظور بررسی نسبت‌های مختلف مکمل‌های روی بر بهبود اسهال و عملکرد گوساله‌ها، تعداد ۵۰ راس گوساله هلشتاین شیرخوار در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و ۱۰ تکرار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل مصرف مکمل روی به‌صورت ۱) ۱۰۰درصد متیونین- روی، ۲) ۷۵ درصد متیونین- روی و ۲۵ درصد اکسید روی، ۳) ۵۰ درصد متیونین- روی و ۵۰ درصد اکسید روی، ۴) ۲۵ درصد متیونین- روی و ۷۵ درصد اکسید روی و ۵) ۱۰۰ درصد اکسید روی بود. مکمل روی از روز اول تولد تا روز ۱۴ به گوساله‌ها تغذیه شد و بررسی عملکرد به‌مدت ۷۰ روز تا زمان قطع شیر ادامه داشت. ماده خشک مصرفی، افزایش وزن روزانه و امتیاز قوام مدفوع گوساله‌ها تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. نسبت‌های بالاتر اکسید روی سبب کاهش معنی‌دار غلظت آلکالین فسفاتاز و سوپراکسید دیسموتاز خون در روز ۱۴ و ۷۰ آزمایش شد. همچنین در روز ۷۰ آزمایش، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل خون، در تیمارهای حاوی متیونین- روی، به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار ۵ (۱۰۰ درصد اکسید روی) بود. در مجموع، عملکرد تولیدی، در نسبت‌های مختلف منبع آلی و معدنی تغییر نکرد، عدم تأثیر جایگزینی اکسید روی با متیونین- روی بر عملکرد گوساله‌ها در مطالعه حاضر ممکن است به‌دلیل ارائه سطوح کافی روی برای همه گوساله‌ها باشد. بنابراین می‌توان بیان داشت، در زمانی که عنصر روی در سطح کافی تأمین شود، شکل شیمیایی و زیست‌فراهمی منابع دارای اهمیت کمتری هستند.

واژه‌های کلیدی: اسهال، اکسید روی، سیستم ایمنی، گوساله شیرخوار، متیونین روی

مقدمه

گوساله‌های شیرخوار به دلایل مختلف در هفته‌های ابتدایی در معرض عوامل عفونت‌زا زیادی قرار دارند که چالش‌های ایمنی برای گوساله ایجاد می‌کنند. روده در تسهیل همزمان جذب مواد مغذی و در عین حال، جلوگیری از نفوذ باکتری‌ها به داخل پورتال و گردش خون سیستمیک، نقطه کانونی انتقال باکتری‌ها است. اسهال، یک بیماری چند عاملی است که تحت تأثیر در معرض بودن عوامل بیماری‌زا، مدیریت پرورش، شرایط محیطی، وضعیت تغذیه‌ای و ایمنی بدن قرار می‌گیرد. نرخ مرگ و میر گوساله‌ها قبل از قطع شیر ۷/۸ درصد است که اسهال یا سایر مشکلات گوارشی ۵۶/۵ درصد از این مرگ و میر را تشکیل می‌دهد (Adab *et al*., 2020) . همچنین، اسهال به‌عنوان عامل اصلی مرگ و میر در گوساله‌ها، به‌ویژه در دو هفته اول پس از تولد منجر به استفاده از آنتی بیوتیک‌ها و ایجاد خسارت اقتصادی در مزارع پرورش گاو شیری می‌شود (Santman-Berends *et al*., 2018). علاوه‌براین، حتی هنگامی که گوساله‌ها از اسهال بهبود می‌یابند، متعاقب آن ممکن است اختلال رشد را نشان دهند، که این بر بهره‌وری در مراحل دیگر پرورش آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Cho and Yoon, 2014). با توجه به این واقعیت و به‌ویژه در پی ممنوعیت آنتی‌بیوتیک در بسیاری از کشورها، شناسایی داروها و مکمل‌های مؤثر برای پیشگیری و درمان اسهال در گوساله‌های شیرخوار، بسیار مهم است. در این میان، مکمل‌های خوراکی روی برای کاهش بروز اسهال و بهبود سلامتی گوساله می‌تواند مورد توجه قرار گیرد (Wang

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲- گروه علوم دامی، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳- استاد، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۴- دانشیار، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: ychashnidel2002@yahoo.com)
http://doi.org/10.22067/ijasr.2024.83930.1168

(Mattioli *et al*., 2018).

به‌طور کلی، مواد معدنی کم مصرف برای عملکردهای فیزیولوژیکی مانند رشد و نمو، ایمنی و تولید مثل حیوانات ضروری هستند. در نتیجه، کمبود آن‌ها می‌تواند بر عملکرد حیوانات تأثیر منفی بگذارد. در این میان روی، یک عنصر کمیاب، دارای عملکردهای بیولوژیکی بسیاری، از جمله حفظ یکپارچگی بافت اپیتلیال روده، تقسیم سلولی و پاسخ ایمنی مناسب است (Schulte *et al*., 2016). روی، به‌عنوان یک ماده ضد التهابی و ضد اسهالی مؤثر محسوب می‌شود (Hu *et al*., 2013) و باعث بهبود عملکرد سامانه ایمنی می‌شود، تعداد باکتری‌های بیماری‌زا را کاهش و فراوانی نسبی میکروب‌های مفید دستگاه گوارش را افزایش می‌دهد (Sales, 2013). هنگامی که از منابع معدنی روی، مانند اکسید روی (ZnO) استفاده شود، رشد و ایمنی حیوان تقویت و میزان بروز اسهال کاهش می‌یابد (Mattioli *et al*., 2018). در یک پژوهش، استفاده از روی برای پیشگیری از اسهال در گوساله‌های نوزاد بررسی شد، گوساله‌های تحت درمان با روی، از نظر عددی بهبود بالینی سریع‌تر، افزایش وزن و شانس بیشتری در شرایط سلامتی و زنده ماندن، در مقایسه با گوساله‌های دریافت‌کننده دارو نشان دادند (Glover *et al*., 2013). برخی از پژوهشگران نشان داده‌اند که مکمل اکسید روی (۳۸۰ یا ۵۷۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خوراک) باعث کاهش شاخص اسهال و افزایش ترشح IgA در مخاط دئودنوم شد (Shen *et al*., 2014). در همین راستا، گزارش شد که مصرف مکمل اکسید روی باعث کاهش بروز اسهال گوساله در سه روز اول پس از تولد و افزایش غلظت IgG و IgM در سرم طی دو هفته اول زندگی می‌شود (Chang *et al*., 2020). در همین مطالعه، محققان نشان دادند که منبع آلی روی (متیونین- روی) عملکرد رشد را ارتقا داده و بروز اسهال در گوساله‌ها را در طول ۱۴ روز اول تولد کاهش می‌دهد. بنابراین، آن‌ها پیشنهاد کردند که در سه روز اول پس از تولد از اکسید روی به‌عنوان مکمل روی استفاده شود و در ادامه، از منبع آلی روی (متیونین- روی) استفاده گردد. تجویز خوراکی اکسید روی، عملکرد رشد را بهبود می‌بخشد و به‌طور مؤثری شیوع اسهال در خوک‌های از شیر گرفته شده را کاهش می‌دهد (Hu *et al*., 2013). در نتیجه، استفاده از مکمل روی برای جلوگیری از اسهال در گوساله‌های شیرخوار می‌تواند مصرف داروها از جمله آنتی بیوتیک‌ها را به حداقل برساند. گزارش شده است که اکسید روی تنها شکل معدنی روی است که به‌طور مؤثری شیوع اسهال را کاهش می‌دهد (Glover *et al*., 2013). با توجه به مطالب ذکر شده، تاکنون استفاده از نسبت‌های مختلف دو منبع روی (اکسید روی و متیونین روی) بر گوساله‌های شیرخوار بررسی نشده است. هدف از این آزمایش، استفاده از نسبت‌های مختلف متیونین- روی و اکسید روی بر پیشگیری از اسهال، وضعیت سیستم ایمنی و شاخص‌های عملکردی گوساله‌های شیرخوار است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گاوداری واحد شیر و گوشت مهدشت، شرکت زراعی دشت ناز ساری در زمستان ۱۴۰۰ انجام شد. در این مطالعه، از تعداد ۵۰ راس گوساله ماده هلشتاین شیرخوار تازه متولد شده سالم (با میانگین وزن تولد ۵/۵۴ ± ۳۷/۶۷) در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و ۱۰ تکرار استفاده شد. همه گوساله‌ها در یک بازه زمانی ۱۰ روزه متولد شدند. تیمارهای آزمایش نسبت‌های مختلف مکمل‌های آلی و معدنی روی، به‌ترتیب تیمار ۱) ۱۰۰ درصد متیونین- روی ۲) ۷۵ درصد متیونین- روی و ۲۵ درصد اکسید روی ۳) ۵۰ درصد متیونین- روی و ۵۰ درصد اکسید روی ۴) ۲۵ درصد متیونین- روی و ۷۵ درصد اکسید روی و ۵) ۱۰۰ درصد اکسید روی بودند. بر اساس مطالعات انجام شده (Feldmann *et al*., 2019; Glover *et al*., 2013; Wei *et al*., 2019; Chang *et al*., 2020) سطح ۸۰ میلی‌گرم مکمل روی در روز برای گوساله‌های شیرخوار توصیه شده است. در مطالعه(Feldmann et al., 2019) نشان دادند که وزن تولد در گوساله‌های ماده می‌تواند بر پاسخ گوساله‌ها به مکمل روی تأثیرگذار باشد. در این پژوهش، مقدار مکمل روی بر اساس وزن تولد با در نظر گرفتن میانگین وزن گروه‌های دریافت‌کننده مکمل روی در مطالعه فوق مورد استفاده قرار گرفت و تمام گوساله‌ها مقدار ۱/۹۶ میلی‌گرم عنصر روی به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن دریافت کردند و مکمل به‌صورت over-supplement به آغوز و یا شیر اضافه می‌شد. در این پژوهش، اکسید روی (از شرکت گیوان شیمی) با درصد خلوص ۷۶/۹ درصد و متیونین- روی (ZINPRO®;Zinpro Corporation) با درصد خلوص چهار درصد استفاده شد. همه گوساله‌ها در یک بازه زمانی ۱۰ روزه متولد شدند. گوساله‌های تازه متولد شده بلافاصله بعد از تولد از مادر جدا شده و در یک باکس با ابعاد ۱/۹×۱/۵×۱/۲ با بستر کاه قرار می‌گرفتند (بستر به‌صورت یک روز در میان تعویض می‌گردید). ناف گوساله‌ها با تنتورید هفت درصد محلول ضدعفونی شد. آغوز و شیر مصرفی قبل از مصرف توسط گوساله‌ها، پاستور می‌شد. گوساله‌ها در طی شش ساعت بعد از تولد با چهار لیتر آغوز تغذیه شدند. شیر مصرفی در دو وعده (۸ صبح و ۱۶ عصر) در اختیارگوساله‌ها قرار می‌گرفت. برنامه شیردهی گوساله‌ها تا ۱۴ روزگی شش لیتر، از ۱۵ تا ۴۹ روزگی هفت لیتر، از ۴۹ تا ۶۳ روزگی پنج و از ۶۴ تا ۷۰ روزگی سه لیتر و به‌صورت تک وعده بود. از روز چهارم، گوساله‌ها در تمام تیمارها دسترسی آزاد به خوراک آغازین (شامل ۹۰ درصد کنسانتره آغازین و ۱۰ درصد یونجه خشک) داشتند. مقدار مناسب مکمل روی (اکسید روی و متیونین روی) با ۲۰۰ میلی‌لیتر آغوز و یا شیر مخلوط شد و با استفاده از یک شیرنوش به هر

گوساله خورانده شد و پس از آن، مابقی شیر تغذیه می‌شد. مکمل روی تا ۱۴ روزگی به مصرف گوساله‌ها رسید و پس از آن، تا روز قطع شیرگوساله‌ها در تمام تیمارها شرایط یکسانی داشتند. بر اساس سن، قطع شیر گوساله‌ها انجام شد و سن قطع شیر گوساله‌ها در تمام تیمارها ۷۰ روزگی بود. در طول دوره آزمایش، مقدار ماده خشک مصرفی و افزایش وزن روزانه گوساله‌ها اندازه‌گیری و ضریب تبدیل خوراک محاسبه شد.

جدول ۱- اقلام خوراکی و ترکیب مواد مغذی جیره آغازین (درصد از ماده خشک)

Table 1- Feed ingredients and nutrient composition of the starter

	اقلام خوراکی (درصد ماده خشک) Feed ingredients (% DM)		
یونجه Alfalfa hay	10.00	مکمل معدنی[۱] Mineral premix[1]	1.10
کنجاله سویا Soybean meal	30.60	مکمل ویتامینی[۲] Vitamin premix[2]	1.10
ذرت Corn grain	32.90	جوش شیرین Bicarbonate Sodium	1.30
جو Barley grain	18.00	اکسید منیزیم Magnesium- oxide	0.40
فول فت سویا Full Fat Soybean	1.80	توکسین بایندر Toxin binder	0.50
نمک Salt	0.90	کربنات کلسیم Calcium- carbonate	1.40
ترکیب مواد مغذی جیره آغازین(درصد ماده خشک) Nutrient composition of the starter diet (% DM)			
ماده خشک DM (%)	87.31	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF	20.09
پروتئین خام CP	21.69	عصاره اتری EE	0.94
الیاف نامحلول در شوینده خنثی NDF	27.15	خاکستر[۳] Ash	6.55

[۱] هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی ۱۶۷ میلی‌گرم ید، ۶۷ میلی‌گرم کبالت، ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم روی، ۱۸۰۰۰ میلی‌گرم منگنز، ۶۷ میلی‌گرم سلنیوم، ۷۰۰۰ میلی‌گرم مس

[۲] هر کیلوگرم مکمل ویتامینه حاوی ۹۳۳ هزار واحد بین‌المللی ویتامین A، حاوی ۲۹۳ هزار واحد بین‌المللی ویتامین D3 و حاوی هشت هزار واحد بین‌المللی ویتامین E

[۳] هر کیلوگرم استارتر حاوی ۳۱ ppm عنصر روی

[1]Each kilogram of mineral supplement contains 167 mg of iodine, 67 mg of cobalt, 20,000 mg of zinc, 18,000 mg of manganese, 67 mg of selenium, 7,000 mg of copper.

[2]Each kilogram of vitamin supplements contains 933,000 IU of vitamin A, 293,000 IU of vitamin D3 and 8,000 IU of vitamin E.

[3] Each kilogram of starter contains 31 ppm of zinc element

امتیاز اسکور مدفوع در یک مقیاس ۱ تا ۴ مورد بررسی قرار گرفت، که اسکور ۱ نرمال، ۲ خمیری، ۳ نیمه مایع و ۴ مایع با رنگ غیر طبیعی بود (Teixeira *et al*., 2015). نمرات ۱ و ۲ عادی در نظر گرفته می‌شد و اسهال به‌عنوان وجود مدفوع درجه ۳ یا ۴ به‌مدت دو روز متوالی تعریف شد (Marcondes *et al*., 2016). خون‌گیری از گوساله‌ها در روزهای اول، ۱۴ و روز آخر آزمایش (قطع شیر)، قبل از تغذیه شیر وعده صبح با استفاده از لوله ونوجکت پنج میلی‌لیتری از سیاهرگ گردن انجام شد. نمونه‌های خون با رعایت اصول سرد نگه داشتن به‌سرعت به آزمایشگاه ارسال شد و پس از تهیه سرم مقادیر پروتئین کل، گلوبولین، آلبومین، روی، آهن، مس و غلظت آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز، سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (TAC) با روش (Miller *et al*., 1993) و گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) با روش (Paglia and Valentine, 1967) با استفاده از کیت‌های راندوکس انگلستان اندازه‌گیری شد. داده‌های آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از رویه GLM نرم‌افزار SAS آنالیز شدند. در رابطه با فراسنجه‌های مربوط به افزایش وزن، میانگین مصرف خوراک و بازده خوراک، وزن اولیه گوساله‌ها به‌عنوان کوواریت (متغیر کمکی) در نظر گرفته شد و میانگین‌های تیمارها توسط آزمون دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند.

مدل آماری مورد استفاده به‌منظور پردازش داده‌ها مربوط به

عملکرد:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta (BW_{ij} - X) + e_{ij} \quad (۱)$$

معادله (۱)

که در آن، Yij: مشاهده مربوط بـه گوسـالهj ام در تیمـارi ام، μ: میانگین کل، Ti: اثر تیمار i ام، $\beta (BW_{ij} - X)$: وزن اولیـه بـه‌عنوان متغیر کمکی و eij: خطای آزمایش است.

نتایج و بحث

شاخص‌های عملکردی

مصرف ماده خشک

نتایج اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های عملکردی در جـدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که مصرف استارتر و مـاده خشـک مصرفی تحت تأثیر تیمارهـای آزمایشـی قـرار نگرفـت ($P > ۰/۰۵$). ماده خشک مصرفی از مجموع ماده خشـک اسـتارتر و شـیر مصـرفی گوسالهها محاسبه شد.

عنصر روی برای صفات تولیدی مطلـوب ماننـد رشـد و سـلامتی ضروری است. مقدار کم عنصر روی در جیره، می‌تواند باعـث کـاهش مصرف خوراک شود، زیرا مصرف جیره‌های حـاوی غلظـت کـم روی می‌تواند تولید کوله سیستوکینین را افـزایش دهـد (Cousins *et al.*, 2003). همچنین، مصرف کمتر از نیاز عنصر روی باعث کاهش ترشح لپتین از ذخایر چربی بدن می‌شود (Kwun *et al.*, 2007). که هـر دو هورمون، کوله سیستوکینین و لپتین، در فرآینـد سـیری نقـش دارنـد. همچنین، کمبود روی بر اثربخشی انسولین و سنتز انسولین تأثیر می‌گذارد (Jing *et al.*, 2008). اختلال در پیام‌رسانی انسولین و مقاومت به انسولین ممکن است در تنظـیم اشـتها در طـول دوره کمبـود روی تأثیر داشته باشد. در پژوهشی گزارش شد که گوساله‌های تغذیه شـده با جیره بدون مکمل مواد معدنی، وزن بیشتری در مقایسه با گوسـاله‌های دارای مکمل در جیره خود در طی حمل و نقل از دست می‌دهند و ماده خشک کمتری مصرف می‌کنند، نتایج این مطالعه نشان داد که در طی دوره‌های تنش، افزودن عناصر کم مصـرف بـه جیـره ممکـن است برای حفظ ماده خشک مصرفی حیاتی می‌باشد (Genther and Hansen, 2014). در پژوهش حاضر، مقدار روی دریافتی در تیمارهـا یکسان بود و تنها نوع مکمل آن از نظر معدنی یا آلـی بـودن تفـاوت داشت، بنابراین تفاوتی در مصرف خوراک ایجاد نکرد.

میانگین افزایش وزن روزانه

منطبق با ماده خشک مصرفی نتایج آزمایش نشان داد که نسبت‌های مختلف منابع معدنی (اکسید روی) و آلی روی (متیـونین- روی) بر متوسط افزایش وزن روزانه گوساله‌ها از نظر آماری تفاوت معنـی‌دار ایجـاد نکـرده اسـت (جـدول ۲). در ایـن میـان، تیمـار ۴ (۲۵ درصـد متیونین- روی و ۷۵ درصد اکسید روی) به‌صورت عددی و نه آمـاری دارای میانگین افزایش وزن روزانه بیشتری نسبت به دیگر تیمارهـا در طول دوره آزمایش بود. موافق با نتایج پـژوهش حاضـر، در پژوهشـی دیگر استفاده از مکمل‌های معدنی غیـر آلـی (سـولفات روی) و آلـی (متیونین روی، پروپیونات روی و گلیسینات روی) در جیره برهها نشان داد که در همه تیمارهایی کـه مکمـل دریافـت کردنـد، مـاده خشـک مصرفی و افزایش وزن روزانه بالاتر از تیمار بدون مکمل روی بود، امّا نوع مکمل (آلی یا معدنی) اثر معنی‌داری بـر مـاده خشـک مصـرفی و افزایش وزن روزانه نداشت (Alimohamady *et al.*, 2019). ماتولی و همکاران (Mattioli *et al.*, 2018) بیان کردند کـه در مقایسـه بـا گروه کنترل در روزهای ۴۰، ۸۰، و۱۲۰ پس از تولد، در گوسـاله‌هـایی که به‌صورت زیر جلد هر روز اکسید روی را تزریـق مـی‌کردنـد (یـک میلی‌گرم به‌ازای هر کیلوگرم وزن بدن) افزایش وزن بیشـتری نشـان دادند. بنابراین، نوع مکمل روی بر افزایش وزن روزانه تأثیری ندارد و تنها دریافت سطح کافی روی در جیره برای اثربخشی بـر فراسـنجه‌های عملکردی مهم است که همراستا نتایج پژوهش ما می‌باشد.

روی یک ماده معدنی کمیاب است که در عملکـرد فـاکتور رشـد شبه انسولین (IGF-1)، هورمـون رشـد (GH) و سـنتز DNA بسـیار مهم است. محققان دریافتنـد کـه در طـول رشـد و تکثیـر سـلول، دو مرحله پیک غلظت روی وجـود دارد. مشـخص شـده اسـت کـه ایـن تغییرات غلظـت سـبب تنظـیم سـیگنالی فسفوریلاسـیون مـی‌شـود، به‌طوری‌کـه کـاهش داخـل سـلولی غلظـت روی، پـروتئین تیـروزین فسفاتاز را برای سنتز DNA مهـار مـی‌کنـد و بـه‌طور مـؤثری تکثیـر سلولی را متوقف می‌کند (Li and Maret, 2009). این کنتـرل سـنتز DNA نشان مـی‌دهـد کـه هموسـتاز روی در سـلول بـرای عملکـرد مناسب سلولی بسیار مهم است. بنابراین، تأمین سطوح کـافی روی بـا استفاده از انواع مکمل معدنی و آلی می‌توانـد بـر افـزایش وزن مـؤثر باشد.

ضریب تبدیل خوراک

اثر نسبت‌های مختلـف مکمـل اکسـید روی و متیـونین روی بـر ضریب تبدیل خوراک در دوره ۱ تا ۱۴ روزگی و ۱۴ تا ۷۰ روزگـی (از شیرگیری) معنی‌دار نبود ($P > ۰/۰۵$، جدول ۲). همان‌طـور کـه نـوع مکمل روی تأثیر معنی‌داری بر مصرف خوراک و افزایش وزن روزانـه نداشت، تفاوت ضریب تبدیل خوراک هم بین تیمارهـا از نظـر آمـاری معنی‌دار نشد. گزارش شد که افزایش سلامت کلـی و انسـجام بافـت اپیتلیال روده با مکمل روی می‌تواند انرژی مورد نیاز بـرای نگهـداری این سیستم‌ها را کاهش داده و از نظر تئوری منجر بـه انـرژی بیشـتر شود، بنابراین پارامترهـای تولیـد را بهبـود ببخشـد (Nayeri *et al.*, 2014). در پژوهش حاضر، همه تیمارها سطح یکسانی از روی مصرف کردند، بنابراین تنها نوع مکمل روی، تأثیری بر ضریب تبدیل خوراک نداشت.

جدول ۲- اثر تیمارها بر روی میانگین مصرف خوراک، افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک

Table 2- Effects of treatments on average feed intake, weight gain and feed conversion ratio

عملکرد Performance	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments						
	100% ZnMET	75% ZnMET +25% ZnO	50% ZnMET +50% ZnO	25% ZnMET +75% ZnO	100% ZnO	SEM	P-value
وزن اولیه (کیلوگرم) Initial weight (kg)	37.37	37.71	37.42	37.77	37.60	0.78	0.98
استارتر مصرفی (گرم در روز) Starter intake(g/d)							
1-14 days	19.67	21.56	25.67	27.22	22.33	2.38	0.17
14-70 days	600.56	654.33	628.44	630.78	620.89	43.19	0.93
1-70 days	484.22	527.78	507.78	510.00	501.22	34.56	0.93
ماده خشک مصرفی(گرم در روز) Dry matter intake(g/d)							
1-14 days	679.67	681.55	685.67	687.22	682.33	2.38	0.17
14-70 days	1308.56	1362.33	13336.44	1338.78	1328.89	43.19	0.93
1-70 days	1182.67	1206.22	1206.22	1208.33	1199.56	34.56	0.93
افزایش وزن روزانه(گرم در روز) Daily gain(g/d)							
1-14 days	146.67	147.22	146.22	151.00	145.33	2.14	0.40
14-70 days	672.67	655.44	656.33	747.56	638.67	36.07	0.25
1-70 days	528.67	514.78	515.78	587.89	501.89	28.99	0.26
ضریب تبدیل خوراک Feed conversion ratio (g DMI/g gain)							
1-14 days	4.55	4.78	4.78	4.67	4.89	0.15	0.59
14-70 days	1.97	2.10	2.10	1.88	2.13	0.13	0.63
1-70 days	2.27	2.43	2.40	2.15	2.43	0.15	0.45

[1] متیونین- روی، [2] اکسید روی

[1] Zinc-methionine (ZnMET)

[2] Zinc oxide (ZnO)

قوام مدفوع

نسبت‌های مختلف منابع معدنی (اکسید روی) و آلی (متیونین- روی) روی بر متوسط امتیاز قوام مدفوع گوساله‌ها و روزهای مبتلا به اسهال، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها نشان نداد ($P > ۰/۰۵$، جدول ۲). در پژوهشی گزارش شد که مکمل روی آلی باعث کاهش اسهال از هفته دوم پس از تولد می‌شود (Ma *et al*., 2020). پژوهشی دیگر نشان دادند که تجویز خوراکی اکسید روی (ZnO)، عملکرد رشد را بهبود می‌بخشد و به‌طور مؤثری شیوع اسهال در خوک‌های از شیر گرفته شده را کاهش می‌دهد (Hu *et al*., 2013). در پژوهشی با مکمل کردن منابع آلی و معدنی روی بیان کردند که مکمل اکسید روی باعث کاهش بروز اسهال در سه روز اول زندگی و افزایش غلظت IgG و IgM در سرم می‌شود و مکمل متیونین- روی باعث افزایش عملکرد رشد و کاهش بروز اسهال در ۱۴ روز اول پس از تولد می‌شود (Chang *et al*., 2020).

تصور می‌شود مکانیسم‌های اثر ضد اسهال عنصر روی به‌دلیل تنظیم انتقال مایعات روده و یکپارچگی مخاطی، تقویت ایمنی و تعدیل تنش اکسیداتیو است (Wei *et al*., 2019). پروتئوباکتریا یک شاخه اصلی باکتری‌های گرم منفی هستند، که باعث تولید اندوتوکسین LPS می‌شود و می‌توانند وارد خون شود، تعداد سلول-های دیواره روده را کاهش داده و نفوذپذیری روده را افزایش دهند و منجر به پاسخ التهابی مزمن شوند (Cani *et al*., 2007). چانگ و همکاران (Chang *et al*., 2020) نشان دادند که فراوانی نسبی پروتئوباکتریا در گروه گوساله‌های دریافت‌کننده اکسید روی در روز اول کمتر از گروه کنترل و گروه دریافت‌کننده متیونین- روی بود، به این معنی که مکمل اکسید روی ممکن است تولید مثل پروتئوباکتریا، به‌عنوان یک باکتری مضر را مهار می‌کند.

در پژوهش حاضر، نوع مکمل و نسبت‌های مختلف آن‌ها تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی ایجاد نکرد. به نظر می‌رسد که این تفاوت به‌دلیل مقدار استفاده از مکمل در این پژوهش باشد، به‌طوری‌که مکمل روی با درنظر گرفتن درصد خلوص آن در همه تیمارها به‌مقدار مساوی (۱/۹۶ میلی‌گرم مکمل روی به‌ازای هر

کیلوگرم وزن بدن) به مصرف گوساله‌ها رسید. بنابراین، گوساله‌های شیرخوار در همه تیمارها روی کافی دریافت کردند و نوع آلی یا معدنی بودن مکمل تفاوتی بر قوام مدفوع و یا روزهای مبتلا به اسهال نداشت.

فراسنجه‌های خونی

اثر نوع مکمل روی بر فراسنجه‌های خونی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین خون گوساله‌های تغذیه شده با نسبت‌های مختلف منابع معدنی و آلی روی در روز اول، روز ۱۴ و روز ۷۰ تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت ($P > ۰/۰۵$).

موافق با نتایج پژوهش حاضر، داده‌های مطالعه کومار و همکاران (Kumar *et al*., 2018). نیز نشان داد که افزودن سولفات روی یا متیونین روی (Himedia، هند) اثر قابل توجهی بر غلظت پروتئین کل سرم ندارد. مطابق با یافته‌های حاضر، هیچ تأثیری بر پروتئین کل و آلبومین به‌دلیل مکمل‌سازی سولفات روی یا پروپیونات روی در گوساله‌های گاومیش گزارش نکردند (Shanigaram *et al*., 2015). افزایش غلظت گلوبولین برای پاسخ ایمنی بدن ضروری است و باعث دفاع در برابر عوامل بیماری‌زا می‌شود، زیرا گلوبولین‌های سرم نقش مهمی در پاسخ ایمنی (ایمونوگلوبولین‌ها یا آنتی بادی‌ها) و خط اولیه دفاعی دارند (Anil *et al*., 2020) همه این مطالعات نشان دادند که مکمل روی در جیره می‌تواند بر غلظت پروتئین‌های خون مؤثر باشد و در صورت دریافت سطوح کافی روی، نوع مکمل مصرفی (آلی یا معدنی) نقش چندانی بر فراسنجه‌های خونی ندارد.

جدول ۳– اثر تیمارهای آزمایشی بر قوام مدفوع و تعداد روزهای ابتلا به اسهال

Table 3- Effects of experimental treatments on stool consistency and the number of days of diarrhea

قوام مدفوع Stool consistency	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments						
	100% ZnMET	75% ZnMET +25% ZnO	50% ZnMET +50% ZnO	25% ZnMET +75% ZnO	100% ZnO	SEM	P-value
قوام مدفوع Stool consistency							
1-14 days	2.60	2.41	2.31	2.30	2.24	0.11	0.15
14-70 days	2.38	2.44	2.40	2.31	2.18	0.11	0.44
1-70 days	2.41	2.44	2.38	2.30	2.19	0.09	0.24
روزهای مبتلا به اسهال The number of days of diarrhea							
1-14 days	3.44	4.78	4.22	3.22	4.55	0.18	0.53
14-70 days	2.78	2.67	3.00	2.55	2.78	0.21	0.98
1-70 days	6.22	7.44	7.22	5.78	7.33	0.20	0.83

[1] متیونین– روی

[2] اکسید روی

[1] Zinc-methionine (ZnMET)

[2] Zinc oxide (ZnO)

مواد معدنی خون (مس، آهن و روی)

اثر نسبت‌های مختلف منابع معدنی (اکسید روی) و آلی (متیونین– روی) عنصر روی بر غلظت مس (Cu)، آهن و روی سرم خون در روز اول، ۱۴ و ۷۰ آزمایش معنی‌دار نبود (جدول ۴، $P>۰/۰۵$). برخی مطالعات پیشین هیچ اثری بر غلظت مس سرم در گوساله‌های دریافت‌کننده مکمل روی (اکسید روی) مشاهده نکردند (Zaboli *et al*., 2013). موافق با نتایج این بررسی، در پژوهشی دیگر استفاده از مکمل‌های آلی و معدنی روی تأثیر معنی‌داری بر غلظت سرمی مس در بره‌ها نداشت (Alimohamady *et al*., 2019). همچنین، هیچ اثر معنی‌داری بر غلظت مس در خون گوساله‌ها قبل و بعد شیرگیری (Abdollahi *et al*., 2020) و بزغاله‌ها (Zaboli *et al*., 2013) با مصرف اشکال مختلف عنصر روی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد، زمانی‌که سطح کافی روی در جیره تأمین می‌شود، نوع مکمل مصرفی و نسبت آن‌ها تأثیری بر غلظت مس در سرم خون ندارد. عنصر روی به‌عنوان کاتالیزور در متابولیسم آهن و در سنتز هم نقش دارد. اختلال در جذب آهن می‌تواند ناشی از کاهش عناصر کمیاب مانند روی باشد که در ساختار آنزیم‌هایی یافت می‌شود که متابولیسم آهن را هماهنگ یا کاتالیز می‌کنند. به نظر می‌رسد که مکمل روی در حیوانات جوان که در معرض خطر کمبودهای تغذیه‌ای روی هستند، بر وضعیت آهن تأثیر مطلوبی دارد (Wei *et al*., 2019). در پژوهش حاضر، همه تیمارها سطوح کافی روی را دریافت کردند، بنابراین کمبودی در مقدار روی وجود نداشت که سبب تغییر غلظت آهن شود.

غلظت روی در پلاسمای خون یا سرم خون، پرکاربردترین شاخص وضعیت روی است. غلظت روی پلاسما معمولاً به مکمل روی پاسخ می‌دهد، به‌ویژه در شرایطی که سطح مصرف روی کم باشد. مطالعات قبلی نشان داد که مکمل روی، غلظت روی پلاسما را در بره‌ها (Mallaki *et al*., 2015) و بزهای نر (Jia *et al*., 2009) افزایش می‌دهد. در پژوهش حاضر، سطح مصرف روی در همه تیمارها یکسان بود، بنابراین هیچ تفاوت معنی‌داری در غلظت روی سرم با مکمل کردن منابع آلی یا معدنی روی مشاهده نشد.

جدول ٤- غلظت‌های فراسنجه‌های خونی و زیرمغذی‌ها در سرم گوساله‌های هلشتاین تغذیه شده با نسبت‌های مختلف متیونین- روی و اکسید روی

Table 4- The concentrations of Blood parameters and micronutrients in serum of Holstein dairy calves fed with different ratios of methionine-zinc and ZnO

فراسنجه‌های خونی Blood parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments					SEM	P-value
	100% ZnMet[1]	75% ZnMet +25% ZnO[2]	50% ZnMet +50% ZnO	25% ZnMet +75% ZnO	100% ZnO		
آلبومین Albumin (g/dl)							
First day	3.00	2.83	2.93	2.80	2.53	0.11	0.09
Day 14	2.80	2.47	2.57	2.70	2.83	0.16	0.46
Day 70	3.023	3.17	3.17	3.33	3.37	0.11	0.58
پروتئین کل Total protein (mg/dl)							
First day	6.43	6.70	6.53	6.70	6.33	0.20	0.65
Day 14	5.87	5.90	5.90	6.00	5.87	0.10	0.88
Day 70	6.13	5.93	6.00	6.00	5.90	0.11	0.64
گلوبولین Globulin (mg/dl)							
First day	3.43	3.86	3.60	3.90	3.80	0.20	0.44
Day 14	3.07	3.43	3.33	3.30	3.03	0.19	0.51
Day 70	2.90	2.77	2.83	2.67	2.53	0.15	0.52
آهن Fe (µg/dL)							
First day	69.67	67.11	67.00	63. 08	61.67	11.02	0.12
Day 14	123.33	117.33	109.33	119.00	96.67	26.90	0.61
Day 70	159.33	110.33	123.33	98.00	92.33	41.92	0.10
مس Copper (µg/dL)							
First day	89.33	103.00	89.00	89.00	89.00	10.51	0.43
Day 14	89.33	89.00	87.33	88.00	87.67	8.28	0.15
Day 70	70.00	75.67	77.33	70.00	70.00	9.59	0.28
روی Zinc (µg/dL)							
First day	224.00	145.33	151.67	264.33	246.33	36.43	0.13
Day 14	166.00	90.00	106.33	103.33	83.33	24.74	0.21
Day 70	93.67	81.00	123.33	64.67	101.33	18.10	0.28

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0.05$). [۱] متیونین- روی، [۲] اکسید روی

Means within same row with different superscripts differ ($P<0.05$).

[1] Zinc-methionine (ZnMET)

[2] Zinc oxide (ZnO)

غلظت مواد معدنی در خون اغلب برای ارزیابی وضعیت مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند، زیرا به‌طور قابل توجهی با وضعیت تغذیه برخی از مواد معدنی، مرتبط هست. با این حال، محدودیت‌هایی در اندازه گیری مواد معدنی خونی وجود دارد، زیرا مواد معدنی اغلب در فرآیند تولید گلبول‌های قرمز و قبل از ورود به جریان خون به‌عنوان واحدهای عملکردی گلبول‌های قرمز در آن‌ها ذخیره می‌شوند (Suttle, 2010). گلبول‌های قرمز در گاو تقریباً ۱۶۰ روز عمر می‌کنند، بنابراین غلظت مواد معدنی خون کامل بسیار آهسته تغییر می‌کند و حیوان ممکن است برای مدتی دچار کمبود شود، قبل از اینکه غلظت‌ها کمبود را نشان دهند. علاوه‌براین، مکانیسم‌های هموستاتیک می‌توانند برای محدود کردن تغییرات غلظت پلاسمایی مواد معدنی خاص تا زمانی که ذخایر درون‌زا به‌طور قابل توجهی تخلیه شوند،

عمل کند. به نظر می‌رسد که سطح مصرف روی در جیره صرف نظر از معدنی یا آلی بودن آن در تغییرات غلظت مواد معدنی در خون نقش مؤثرتری دارد.

شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی

اثر نسبت‌های مختلف منابع معدنی و آلی عنصر روی بر غلظت آلکالین فسفاتاز خون در تیمارها در روز ۱۴ و ۷۰ معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). به‌طوری‌که غلظت آلکالین فسفاتاز خون گوساله‌های تغذیه شده با تیمارهای دارای روی آلی (متیونین- روی) بدون در نظر گرفتن نسبت آن بیشتر از تیمار ۵ (۱۰۰ درصد اکسید روی) بود، امّا در بین تیمارهای دارای متیونین- روی با کاهش نسبت روی آلی، غلظت آلکالین فسفاتاز به‌صورت عددی کاهش پیدا کرد.

در پژوهشی، با تغذیه بره‌ها با ۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم عنصر روی به فرم‌های سولفات روی، روی-متیونین، روی-پروتئینات و روی- گلیسینات، افزایش غلظت آلکالین فسفاتاز در خون را نسبت به تیمار کنترل (بدون مکمل روی) گزارش نمودند؛ همچنین تیمارهای دریافت‌کننده انواع مکمل آلی و معدنی روی، تفاوت معنی‌داری در غلظت آلکالین فسفاتاز با یکدیگر در روز ۳۵ آزمایش نداشتند، امّا در روز ۷۰ آزمایش غلظت آلکالین فسفاتاز در تیمار روی گلیسینات به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار متیونین روی بود (Alimohamady *et al*., 2019). در پژوهشی دیگر، فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در حیوانات دارای کمبود روی (گروه کنترل) نسبت به حیوانات دریافت‌کننده مکمل روی کاهش یافت (Cho *et al*., 2007). امّا نجف‌زاده و همکاران (Najafzadeh *et al*., 2013) بیان کردند که فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در بره تغذیه شده با نانو اکسید روی با دوز ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک کاهش یافت. آلکالین فسفاتاز یک آنزیم وابسته به روی است که در جایگاه فعال خود با حضور چهار عنصر روی حداکثر فعالیت را نشان می‌دهد. گزارش‌هایی وجود دارد که نشان می‌دهد، فعالیت آلکالین فسفاتاز در بدن تحت تأثیر فاکتورهای متعددی قرار می‌گیرد و تنوع زیادی در غلظت آن مشاهده می‌شود، بنابراین نمی‌تواند شاخص مناسبی از غلظت روی بدن باشد (Seifdavati *et al*., 2018). نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که این مفهوم که متیونین روی ممکن است متفاوت از روی معدنی متابولیزه شوند و بنابراین، ممکن است برخی از فرآیندهای متابولیکی را به‌طور متفاوت تغییر دهند (Alimohamady *et al*., 2019)، تأیید می‌کند.

اثر نسبت‌های مختلف منابع معدنی (اکسید روی) و آلی (متیونین- روی) عنصر روی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل(TAC) تیمارها در روز اول و ۱۴ معنی‌دار نبود، در حالی که روز ۷۰ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل بین تیمارهای مختلف تفاوت معناداری داشت ($P < ۰/۰۵$، جدول ۵). در این دوره ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در تیمار اول و دیگر تیمارهای داری متیونین- روی بالاتر از تیمار ۵ (۱۰۰ درصد اکسید روی) بود.

برخی پژوهش‌ها افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل را با مکمل کردن روی در جیره گزارش کردند (Patel *et al*., 2021; Shen *et al*., 2021). در مقابل، در پژوهشی دیگر هیچ تغییر قابل توجهی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل پس از مصرف مکمل روی گزارش نکردند (Ulutaş *et al*., 2020). در پژوهش حاضر، افزایش معنی‌داری در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل گروه‌های مصرف‌کننده سطوح بالاتر متیونین روی نسبت به اکسید روی مشاهده شد. برخلاف نتایج ما در پژوهشی، با مصرف منابع مختلف آلی (پروتئین- روی و گلایسین- روی) و معدنی روی (سولفات روی) هیچ تفاوت معنی‌داری در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل مشاهده نشد (Grešáková *et al*., 2021). در پژوهش صوفی و همکاران (Soufi *et al*., 2022) نیز، مصرف منابع آلی (روی- پلی‌ساکارید)، معدنی (سولفات روی) و نانو (نانو روی) مکمل روی در جیره تأثیر معنی‌داری در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل نداشتند که ممکن است به‌دلیل این واقعیت باشد که عوامل محیطی و تغذیه باعث ایجاد استرس اکسیداتیو برای حیوانات نشده است. در مطالعه حاضر، مکمل متیونین روی بیش از مکمل اکسید روی قدرت آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشیده است.

اثر نسبت‌های مختلف منابع معدنی (اکسید روی) و آلی (متیونین- روی) عنصر روی بر غلظت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) خون در روز ۱۴ و ۷۰ آزمایش معنی‌دار بود ($P < ۰/۰۵$). در روز ۱۴، غلظت سوپراکسید دیسموتاز خون در تیمار ۵ (۱۰۰ درصد اکسید روی) پایین‌تر از سایر گروه‌ها بود و در روز ۷۰ آزمایش، غلظت سوپراکسید دیسموتاز در تیمارهای ۱ و ۲ (نسبت بالاتر متیونین روی) بالاتر از تیمارهای دیگر بود ($P < ۰/۰۵$). اثر نسبت‌های مختلف منابع معدنی و آلی عنصر روی بر غلظت گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) خون در روز اول، روز ۱۴ و روز ۷۰ آزمایش معنی‌دار نبود ($P> ۰/۰۵$).

در یک پژوهش نشان داده شد که در بین تیمارها، فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در بره‌های حاوی روی آلی به‌طور معنی‌داری بیشتر از فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز در گروه کنترل است (Alimohamady *et al*., 2019). آن‌ها پیشنهاد کردند که روی موجود در جیره پایه برای فعالیت‌های سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز کافی نیست و افزودن ۳۰ میلی‌گرم روی/کیلوگرم ماده خشک به‌صورت منابع آلی می‌تواند تعادل آنتی‌اکسیدانی را بهبود بخشد. برخلاف نتایج ما در پژوهشی، غلظت سوپراکسید دیسموتاز با مکمل کردن منابع معدنی روی (سولفات روی) نسبت به منابع آلی روی (پروتئین- روی) در خون بره‌ها افزایش یافت (Soufi *et al*., 2022). در پژوهشی دیگر، غلظت سوپراکسید دیسموتاز با مکمل

کردن منابع مختلف آلی، معدنی و نـانو در بـره‌هـا تفـاوت معنـی‌داری نداشت (Grešáková *et al*., 2021).

جدول ۵- آنزیم‌های وابسته به روی و شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی در سرم گوساله‌های هلشتاین تغذیه شده با نسبت‌های مختلف متیونین- روی و اکسید روی

Table 5- Zinc-dependent enzymes and antioxidant indicators in the serum of Holstein dairy calves fed with different ratios of methionine-zinc and ZnO

فراسنجه‌ها Parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments					SEM	P-value
	100% ZnMET[1]	75% ZnMET +25% ZnO[2]	50% ZnMET +50% ZnO	25% ZnMET +75% ZnO	100% ZnO		
آلکالین فسفاتاز Alp (U/L)							
First day	601.67	505.67	476.33	543.67	471.33	57.66	0.51
Day 14	684.00[a]	678.00[a]	617.67[ab]	464.67[ab]	410.33[b]	68.59	0.05
Day 70	288.33[a]	265.33[ab]	216.67[bc]	191.67[c]	172.67[c]	21.50	0.02
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل TAC (µM)							
First day	1.96	1.38	1.85	1.69	1.76	0.18	0.28
Day 14	1.76	1.42	1.80	0.88	1.05	0.27	0.14
Day 70	1.84[a]	1.83[ab]	1.73[abc]	1.69[bc]	1.64[c]	0.04	0.03
سوپراکسید دیسموتاز SOD (U/ml)							
First day	11.27	8.00	10.61	11.21	10.00	0.80	0.20
Day 14	11.70[a]	11.05[a]	10.75[a]	11.46[a]	3.19[b]	0.64	0.01
Day 70	14.01[a]	14.53[a]	11.76[b]	11.62[b]	10.86[b]	0.32	0.01
گلوتاتیون پراکسیداز GPx (mU/ml)							
First day	6.85	7.78	8.26	7.75	7.81	1.43	0.097
Day 14	10.97	11.09	13.07	11.89	12.17	2.01	0.94
Day 70	5.83	6.39	6.11	6.39	8.03	0.47	0.06

میانگین‌های هر ردیف با حروف غیر مشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P<0.05$). [۱] متیونین- روی، [۲] اکسید روی

Means within same row with different superscripts differ ($P<0.05$).

[1] Zinc-methionine (ZnMET)

[2] Zinc oxide (ZnO)

سوپراکسید دیسموتاز یکی از اجزای اصلی سیستم آنتی‌اکسـیدانی است. صرف نظر از منبع روی، مکمل روی بـه‌دلیل افـزایش فعالیـت آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز و گلوتـاتیون پراکسـیداز وضـعیت آنتی‌اکسیدانی نشخوارکنندگان را بهبـود می‌بخشـد (Grešáková *et al*., 2021). در پژوهشی، غلظت سوپراکسید دیسـموتاز در گروه‌هـای مصرف‌کننده مکمـل روی افـزایش یافـت (Patel *et al*., 2021). در مقابل، مندل و همکاران (Mandal *et al*., 2007) فعالیت سوپراکسید دیسموتاز مشابهی را در میان گروه کنترل در مقایسه بـا گوسـاله‌هـای آمیخته با ۳۵ میلی‌گرم بر کیلـوگرم روی به‌صـورت سـولفات روی یـا پروپیونات- روی مشاهده کردند. افزایش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز پس از مصرف مکمل روی ممکن است به این دلیـل باشـد کـه روی یک جزء ذاتی سوپراکسید دیسموتاز، یک جاذب اصلی رادیکـال‌هـای آزاد موجود در سیتوپلاسم انواع بسیاری از سـلول‌هـا اسـت (Spears and Weiss, 2008).

نتیجه‌گیری کلی

در مطالعــه حاضــر در مجمــوع، عملکــرد تولیــدی و غلظــت فراسنجه‌های خونی در نسبت‌های مختلف منبع آلـی و معـدنی تغییـر نکرد، امّا فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در نسبت‌های بالاتر مکمـل آلی (متیونین- روی) نسبت به منابع معدنی (اکسید روی) بیشـتر بـود. عدم تأثیر مثبت جایگزینی اکسید روی با متیونین- روی بـر عملکـرد گوساله‌های حاضر ممکن است به‌دلیل ارائه سطوح کـافی روی بـرای همه گوساله‌ها باشد و می‌توان بیان داشت، در زمانی کـه عنصـر روی در سطح کافی تأمین می‌شود، شکل شیمیایی و زیست‌فراهمـی منـابع دارای اهمیت کمتری بر عملکرد هستند.

References

1. Abdollahi, M., Rezaei, J., & Fazaeli, H. (2020). Performance, rumen fermentation, blood minerals, leukocyte and antioxidant capacity of young Holstein calves receiving high-surface ZnO instead of common ZnO. *Archives of Animal Nutrition*, *74*(3), 189-205. https://doi.org/10.1080/1745039x.2019.1690389
2. Adab, M., Mahjoubi, E., Yazdi, M. H., & Collier, R. J. (2020). Effect of supplemental dietary Zinc and its time of inclusion on pre-weaning phase of Holstein heifer calves: Growth performance and health status. *Livestock Science*, *231*, 103891. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103891
3. Alimohamady, R., Aliarabi, H., Bruckmaier, R. M., & Christensen, R. G. (2019). Effect of different sources of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility, and antioxidant enzyme activities in lambs. *Biological Trace Element Research*, *189*(1), 75-84. https://doi.org/10.1007/s12011-018-1448-1
4. Anil, T. S. V., Seshaiah, C. V., Ashalatha, P., & Sudhakar, K. S. (2020). Effect of dietary nano zinc oxide supplementation on haematological parameters, serum biochemical parameters and hepato-renal bio-markers in crossbred calves. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9*, 2034-2044.
5. Cani, P. D., Amar, J., Iglesias, M. A., Poggi, M., Knauf, C., Bastelica, D., Neyrinck, A. M., Fava, F., Tuohy, K. M., Chabo, C., Waget, A., Delmée, E., Cousin, B., Sulpice, T., Chamontin, B., Ferrières, J., Tanti, J. F ,.Gibson, G. R., Casteilla, L., Delzenne, N. M., Alessi, M. C., & Burcelin, R. (2007). Metabolic endotoxemia initiates obesity and insulin resistance. *Diabetes, 56*(7), 1761-1772. https://doi.org/10.2337/db06-1491
6. Chang, M. N., Wei, J. Y., Hao, L. Y., Ma, F. T., Li, H. Y., Zhao, S. G., & Sun, P. (2020). Effects of different types of zinc supplement on the growth, incidence of diarrhea, immune function, and rectal microbiota of newborn dairy calves. *Journal of Dairy Science*, *103*(7), 6100-6113. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-17610
7. Cho, Y. E., Lomeda, R. A., Ryu, S. H., Sohn, H. Y., Shin, H. I., Beattie, J. H., & Kwun, I. S. (2007). Zinc deficiency negatively affects alkaline phosphatase and the concentration of Ca, Mg and P in rats. *Nutrition Research and Practice*, *1*(2), 113-119. https://doi.org/10.4162/nrp.2007.1.2.113
8. Cho, Y. I., & Yoon, K. J. (2014). An overview of calf diarrhea - infectious etiology, diagnosis, and intervention. *Journal of Veterinary Science*, *15*(1), 1-17. http://dx.doi.org/10.4142/jvs.2014.15.1.1
9. Cousins, R. J., Blanchard, R. K., Moore, J. B., Cui, L., Green, C. L., Liuzzi, J. P., Cao, J., & Bobo, J. A. (2003). Regulation of zinc metabolism and genomic outcomes. *The Journal of Nutrition*, *133*(5 Suppl 1), 1521s-1526s. http://dx.doi.org/10.1093/jn/133.5.1521S
10. Feldmann, H. R., Williams, D. R., Champagne, J. D., Lehenbauer, T. W., & Aly, S. S. (2019). Effectiveness of zinc supplementation on diarrhea and average daily gain in pre-weaned dairy calves: A double-blind, block-randomized, placebo-controlled clinical trial. *PLoS One*, *14*(7), e0219321. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219321
11. Genther, O. N., & Hansen, S. L. (2014). Effect of dietary trace mineral supplementation and a multi-element trace mineral injection on shipping response and growth performance of beef cattle. *Journal of Animal Science*, *92*(6), 2522-2530. http://dx.doi.org/10.2527/jas.2013-7426
12. Glover, A. D., Puschner, B., Rossow, H. A., Lehenbauer, T. W., Champagne, J. D., Blanchard, P. C., & Aly, S. S. (2013). A double-blind block randomized clinical trial on the effect of zinc as a treatment for diarrhea in neonatal Holstein calves under natural challenge conditions. *Prev Vet Med*, *112*(3-4), 338-347. http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.09.001
13. Grešáková, Ľ., Tokarčíková, K., & Čobanová, K. (2021). Bioavailability of dietary zinc sources and their effect on mineral and antioxidant status in lambs. *Agriculture*, *11*(11), 1093.
14. Hu, C. H., Xiao, K., Song, J., & Luan, Z. S. (2013). Effects of zinc oxide supported on zeolite on growth performance, intestinal microflora and permeability, and cytokines expression of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, *181*, 65–71. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.02.003
15. Jia, W., Zhu, X., Zhang, W., Cheng, J., Guo, C., & Jia, Z. (2009). Effects of source of supplemental zinc on performance, nutrient digestibility and plasma mineral profile in Cashmere goats. *Asian-australasian Journal of Animal Sciences*, *22*, 1648-1653.
16. Jing, M. Y., Sun, J. Y., & Wang, J. F. (2008). The effect of peripheral administration of zinc on food intake in rats fed Zn-adequate or Zn-deficient diets. *Biological Trace Element Research*, *124*(2), 144-156. http://dx.doi.org/10.1007/s12011-008-8132-9
17. Kumar, A., Sahu, D., Chandra, G., Yadav, S. P., Kumar, R., Jaiswal, V., Maurya, P., & Singh, R. K. (2018). Effect of different sources of zinc on growth performance and haemato-biochemical profiles of Murrah Buffalo calves. *Indian Journal of Animal Nutrition*, *35*, 409. http://dx.doi.org/10.5958/2231-6744.2018.00062.2
18. Kwun, I. S., Cho, Y. E., Lomeda, R. A., Kwon, S. T., Kim, Y., & Beattie, J. H. (2007). Marginal zinc deficiency in rats decreases leptin expression independently of food intake and corticotrophin-releasing hormone in relation to food intake. *The British Journal of Nutrition*, *98*(3), 485-489. http://dx.doi.org/10.1017/s0007114507730763
19. Li, Y., & Maret, W. (2009). Transient fluctuations of intracellular zinc ions in cell proliferation. *Experimental Cell Research*, *315*(14), 2463-2470. http://dx.doi.org/10.1016/j.yexcr.2009.05.016

20. Ma, F., Wo, Y., Li, H., Chang, M., Wei, J., Zhao, S., & Sun, P. (2020). Effect of the source of zinc on the tissue accumulation of zinc and jejunal mucosal zinc transporter expression in Holstein dairy calves. *Animals (Basel), 10*(8). http://dx.doi.org/10.3390/ani10081246
21. Mallaki, M., Norouzian, M., & Khadem, A. (2015). Effect of organic zinc supplementation on growth, nutrient utilization,and plasma zinc status in lambs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 39*, 75-80. http://dx.doi.org/10.3906/vet-1405-79
22. Mandal, G. P., Dass, R., Isore, D. P., Garg, A., & Ram, G. (2007). Effect of zinc supplementation from two sources on growth, nutrient utilization and immune response in male crossbred cattle (Bos indicus X Bos taurus) bulls. *Animal Feed Science and Technology, 138*, 1-12. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.014
23. Marcondes, M., Pereira, T., Chagas, J., Filgueiras, E., Castro, D. M., Costa, G., Sguizzato, A., & Sainz, R. (2016). Performance and health of Holstein calves fed different levels of milk fortified with symbiotic complex containing pre- and probiotics. *Tropical Animal Health and Production, 48*. http://dx.doi.org/10.1007/s11250-016-1127-1
24. Mattioli, G. A., Rosa, D. E., Turic, E., Relling, A. E., Galarza, E., & Fazzio, L. E. (2018). Effects of copper and zinc supplementation on weight gain and hematological parameters in pre-weaning calves. *Biological trace element research, 185*(2), 327-331. http://dx.doi.org/10.1007/s12011-017-1239-0
25. Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., & Milner, A. (1993). A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science (Lond), 84*(4), 407-412. http://dx.doi.org/10.1042/cs0840407
26. Najafzadeh, H., Ghoreishi, S., Mohammadian, B., Rahimi, E., Afzalzadeh, M., Kazemivarnamkhasti, M., & Ganjealidarani, H. (2013). Serum biochemical and histopathological changes in liver and kidney in lambs after zinc oxide nanoparticles administration. *Veterinary World, 6*, 534. http://dx.doi.org/10.5455/vetworld.2013.534-537
27. Nayeri, A., Upah, N. C., Sucu, E., Sanz-Fernandez, M. V., DeFrain, J. M., Gorden, P. J., & Baumgard, L. H. (2014). Effect of the ratio of zinc amino acid complex to zinc sulfate on the performance of Holstein cows. *Journal of Dairy Science, 97*(7), 4392-4404. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7541
28. Paglia, D. E., & Valentine, W. N. (1967). Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 70*(1), 158-169.
29. Patel, B., Kumar, N., Kotresh Prasad, C., Rajpoot, V., & Lathwal, S. S. (2021). Effect of zinc supplementation on physiological and oxidative stress status of peri-parturient Karan Fries cows during heat stress condition. *Journal of Entomology and Zoology Studies, 9*, 4.
30. Sales, J. (2013). Effects of pharmacological concentrations of dietary zinc oxide on growth of post-weaning pigs: a meta-analysis. *Biological Trace Element Research, 152*(3), 343-349. http://dx.doi.org/10.1007/s12011-013-9638-3
31. Santman-Berends, I., de Bont-Smolenaars, A. J. G., Roos, L., Velthuis, A. G. J., & van Schaik, G. (2018). Using routinely collected data to evaluate risk factors for mortality of veal calves. *Preventive Veterinary Medicine, 157*, 86-93. http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.05.013
32. Schulte, J. N., Brockmann, G. A., & Kreuzer-Redmer, S. (2016). Feeding a high dosage of zinc oxide affects suppressor of cytokine gene expression in Sal*monella typhimurium* infected piglets. *Veterinary Immunology and Immunopathology, 178*, 10-13. http://dx.doi.org/10.1016/j.vetimm.2016.06.009
33. Seifdavati, J., Jahan Ara, M., Seyfzadeh, S., Abdi Benamar, H., Mirzaei Aghjehgheshlagh, F., Seyedsharifi, R., & Vahedi, V. (2018). The Effects of zinc oxide nano particles on growth performance and blood metabolites and some serum enzymes in Holstein suckling calves. . *Iranian Journal of Animal Science Research, 10*(1), 11. (In Persian).http://dx.doi.org/10.22067/ijasr.v10i1.62376.
34. Shanigaram, P., Nagalakshmi, D., & Kumar, K. (2015). Effect of zinc supplementation on haematology and serum biochemical constituents in Murrah buffalo calves. *Indian Journal of Animal Research, 49*, 482. http://dx.doi.org/10.5958/0976-0555.2015.00095.3
35. Shen, J., Chen, Y., Wang, Z., Zhou, A., He, M., Mao, L., Zou, H., Peng, Q., Xue, B., Wang, L., Zhang, X., Wu, S., & Lv, Y. (2014). Coated zinc oxide improves intestinal immunity function and regulates microbiota composition in weaned piglets. *The British Journal of Nutrition, 111*(12), 2123-2134. http://dx.doi.org/10.1017/s0007114514000300
36. Shen, X., Song, C., & Wu, T. (2021). Effects of nano-copper on antioxidant function in copper-deprived guizhou black goats. *Biological Trace Element Research, 199*(6), 2201-2207. http://dx.doi.org/10.1007/s12011-020-02342-1
37. Soufi, B., Alijoo, Y. A., Khamisabadi, H., & Khoobbakht, Z. (2022). The effect of inorganic, organic and nano-zinc sources on growth performance, blood parameters and antioxidant activity of Sanjabi lambs. *Journal of Ruminant Research, 9*(4), 19-32.
38. Spears, J. W., & Weiss, W. P. (2008). Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *The Veterinary Journal, 176*(1), 70-76. http://dx.doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.015
39. Suttle, N. F. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock.* 4th ed. Wallingford, Oxfordshire, CABI
40. Teixeira, A. G., Stephens, L., Divers, T. J., Stokol, T., & Bicalho, R. C. (2015). Effect of crofelemer extract on

severity and consistency of experimentally induced enterotoxigenic *Escherichia coli* diarrhea in newborn Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, *98*(11), 8035-8043. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9513

41. Ulutaş, E., Eryavuz, A., Bülbül, A., Rahman, A., Küçükkurt, İ., & Uyarlar, C. (2020). Effect of zinc supplementation on haematological parameters, biochemical components of blood and rumen fluid, and accumulation of zinc in different organs of goats. *Pakistan Journal of Zoology, 52*. http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20190603230641
42. Wang, B., Yang, C. T., Diao, Q. Y., & Tu, Y. (2018). The influence of mulberry leaf flavonoids and *Candida tropicalis* on antioxidant function and gastrointestinal development of preweaning calves challenged with *Escherichia coli* O141:K99. *Journal of Dairy Scienc*, *101*(7), 6098-6108. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13957
43. Wei, J., Ma, F., Hao, L., Shan, Q., & Sun, P. (2019). Effect of differing amounts of zinc oxide supplementation on the antioxidant status and zinc metabolism in newborn dairy calves. *Livestock Science*, *230*, 103819. http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103819
44. Zaboli, K., Aliarabi, H., Bahari, A., & Abbasalipourkabir, R. (2013). Role of dietary nano-zinc oxide on growth performance and blood levels of mineral: A study on Iranian Angora (Markhoz) goat kids. *Journal of Pharmaceutical and Health Science*, *2*(1), 19-26.